中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 48(3): 1～11 (1999)

稻米粒貯藏性蛋白質品種間的差異及其與食味關係之研究[1]

吳永培[2] 許愛娜[3] 陳一心[2] 陳隆澤[2] 黃懿秦[4]

摘要：本研究利用47個水稻品種爲材料，目的在探討貯藏性蛋白質在品種間的差異及其與食味間的關係，試驗結果發現Albumin的含量介於3.06～5.66 mg/g 白米粉末之間，平均含量爲4.34 mg，約占白米貯藏性蛋白質8%；而globulin介於2.22～4.98 mg之間，平均含量爲3.15 mg，約占白米貯藏性蛋白質5.8%；prolamin含量介於0.98～3.76 mg之間，平均含量爲2.11 mg，約占白米貯藏性蛋白質3.9%；glutelin介於25.36～71.76 mg之間，平均含量爲44.4 mg，約占白米貯藏性蛋白質82.3%。至於四種貯藏性蛋白質總和之total protein含量則介於34～81.6 mg含量，平均含量爲53.94 mg。四種貯藏性蛋白質含量的百分比以glutelin的含量最高，而albumin的含量次之，globulin的含量又次之，而prolamin的含量最低。 不同類型水稻品種的比較分析中發現稉稻的albumin、glutelin和total protein均顯著高於秈稻。日本稻、台灣稉稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻五類經多重比較結果發現各類型稻間除貯藏性蛋白質prolamin、食味官能評估特性中的香味及硬度等三項無差異外，其餘品質特性均有顯著的不同。至於貯藏性蛋白質與食味的相關分析結果則顯示稉稻品種中僅prolamin與食味官能評估特性有關係存在，它與外觀、香味、口味、黏度及食味總評均呈負相關關係。而秈稻亦僅albumin與外觀、口味、黏度及食味總評呈顯著的正相關。由於顯示秈、稉稻之貯藏性蛋白質與食味官能評估特性間的關係有所差別，亦即秈、稉稻中影響食味良劣的貯藏性蛋白質種類不同，所以在進行良質米育種時，似宜就秈、稉稻分別進行米質的選育工作。

關鍵詞：貯藏性蛋白質、食味、水稻。

前　言

稻米品質良劣的影響因子很多，諸如米粒品質成份含量、米飯物理特性、炊飯特性及營養價值等均會對米質良劣有影響[1,4,7,12,17]，在理化性狀中，以直鏈性澱粉及蛋白質含量對白米之炊飯品質，即對食用品質影響最大[4]。而國內有關稻米品質的研究則著重於碾米率、白米外觀、烹調與食用品質等，其中以直鏈澱粉含量最受重視，常作爲不同米用途之指標。然而直鏈澱粉含量相近的品種，其烹調與食味上卻仍有差異，顯示僅以直鏈澱粉一項作爲米質劃分依據，似有不足。尤其是國內栽培稻多屬低直鏈澱粉含量的品種，其直鏈澱粉含量的差異並不大，但在食味上卻有頗大的不同[5]，顯示仍有其它

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第 1987 號。
2. 本所嘉義分所助理、研究員及副研究員。台灣省　嘉義市。
3. 行政院農業委員會台中區農業改良場副研究員。台灣省　彰化縣　大村鄉。
4. 國立台灣大學農藝系。台北市。

因子參與食味的控制。

食味除與直鏈澱粉含量有關外，與粗蛋白質及貯藏性蛋白質組成間亦有關係存在[4]。在相關分析中發現粗蛋白質含量與食味呈負相關關係[7,17]。國外的研究報告指出較高粗蛋白質含量的米粒煮熟後，質地會較硬且較泛黃、不透明[21, 27]，且澱粉粒之吸水及膨脹會因蛋白質增加而受到干擾，而延長米飯烹煮的時間，導致食味值下降[28]。Matsue [20]的研究更指出食味較佳的越光品種，其蛋白質的含量、醇溶性蛋白質及鹼溶性蛋白質均較食味中等者低，顯示蛋白質含量及組成與食味關係十分密切，是米質良劣的重要影響因子之一。

一般穀粒中有5～12%粗蛋白質存在，其中約有90%以上爲貯藏性蛋白質，這些貯藏性蛋白質可用水、鹽類、醇類及鹼性溶劑分別抽取，即依溶解特性可抽出水溶性蛋白質(albumin)、鹽溶性蛋白質(globulin)、醇溶性蛋白質(prolamin)及鹼溶性蛋白質(glutelin)等四項[14,15,23]，於穀粒中的分布，前二者多存在於胚乳外圍之糊粉層或其下三至四層細胞中，富含離胺酸(lysine)，所以營養價值高。唯白米中的含量相對較低，洗米過程中會有溶離流失等情形，因此實際上對稻米的營養價值影響相當有限[19]。至於prolamin與glutelin的含量合計約占貯藏性蛋白質的85%左右[25]，大多存在於穀粒的次糊粉層以下之胚乳澱粉層，在水稻開花20天後作快速累積[30]。以掃描式電子顯觀察時則可看到蛋白質體-Ⅰ(protein bodyⅠ)和蛋白質體-Ⅱ(protein body Ⅱ)，其中prolamin主要累積於蛋白質體-Ⅰ，glutelin主要貯存於蛋白質體-Ⅱ[18,22,26]，這二族蛋白質是眞正具有貯藏功能的蛋白質。而從營養價值的觀點來看，prolamin所含的胺基酸係以疏水性胺基酸爲主，含人類所需要的必需胺基酸較低，於人體內消化率不佳，所以營養價值不高[13,16,24]。glutelin 則由於含有較多的必需胺基酸，在人體內的消化率較佳[12]，故營養價值較高[29]。由於prolamin和glutelin占貯藏性蛋白質的85%左右，在營養價上又有相當大的差異，因此若能針對這二族蛋白質的含量與品質加以改良，對良質米品質的提升應有所助益。

國內學者近來亦將部分的注意力轉移至貯藏性蛋白質的研究，其中在利用RP-HPLC之貯藏性蛋白質圖譜研究，發現prolamin、glutelin在部分的栽培種中有明顯差異，且會因栽培環境不同而影響含量的表現[8]，因此可能具有辨識稻米品種與品質的潛力[3]。另外在五種不同栽培時期對貯藏性蛋白質含量影響的研究中，則發現albumin、globulin含量在五個不同收穫期的表現相差不多，較不易受環境影響；不過prolamin、glutelin則會因穀粒充實期的平均溫度降低而明顯增加，而從RP-HPLC圖譜的研究亦得知，環境對貯藏性蛋白質之影響可能只是在量的差異上作用，對質的影響應不大[9]。唯上述研究所使用的品種數目並不多，對於國內常用的栽培稻品種在蛋白質含量及組成等的差異可提供的訊息仍嫌不足，且對於貯藏性蛋白質與食味間的關係並未深入探討，仍停留在粗蛋白的層次上。基此，本研究挑選國內常用的育種親本爲材料，探討貯藏性蛋白質在品種間的差異，並釐清它與食味間的關係，藉以提供本國良質米育種時之參考及應用。

由於傳統上國內將水稻區分成秈型與稉型稻兩種，故本研究亦將所用水稻品種以目視的方式，依植株形態及穀粒粒型粗分成秈型及稉型稻，並探討兩類型稻在品質特性上的表現是否不同。此外，水稻育種過程中常會使用國外引進的品種作爲育種材料，爲了解不同引進品種的品質特性的差異，吾人亦根據水稻品種的材料來源，將材料區分爲日本稻(Japanses rice)、台灣稉稻(Taiwan japonica rice)、台灣秈稻(Taiwan indica rice)、美國稻(America rice)及IRRI稻(東南亞稻，IRRI rice)等五種類型，期藉由不同類型稻品種品質特性的比較，了解各類型水稻間的異同，以提供未來育種、品質及栽培上的參考。

材料與方法

一、材料處理

本研究使用47個水稻品種爲材料，品種名稱、代號與類型詳如表 1所示。所有材料均於87年一期作種植於嘉義農業試驗分所試驗田，每品種種植3行，每行25株，行株距爲25 x 20公分，合計種植75株，不設重複，栽培管理方式採用嘉義地區的慣行法。各品種於成熟適期收穫中間行水稻20株，供作貯藏性蛋白質分析用樣品，其餘55株水稻則於收穫調製後供食味官能品評分析用。收穫後的稻穀均先以50℃烘箱烘至水分至14%左右，再將樣品以日製Satake脫穀機(Satake, Japan)碾成糙米，再將糙米以試驗用小型精米機(Yamamoto , Japan)碾成白米，其中貯藏性蛋白質分析用白米以Cyclone Sample Mill(Udy, USA)磨成粉末，樣品調製後均置於4℃冷藏櫃中備用。

表1. 材料名稱表

Table 1. Trial varieties of rice

No.	Type	Group[a]	Variety name	No.	Type	Group[z]	Variety name
1	Japonica	A	Koshihikari	25	Indica	C	Taichung native 1
2	Japonica	A	Akitakomachi	26	Indica	C	TaichungSen 10
3	Japonica	A	Nipponbare	27	Indica	C	ChianungSen 6
4	Japonica	A	Kinuhikari	28	Indica	C	ChianungSen 8
5	Japonica	A	Hokuriku 100	29	Indica	C	ChianungSen 11
6	Japonica	B	Taikeng 1	30	Indica	C	TainungSen 12
7	Japonica	B	Taikeng 2	31	Indica	C	TainungSen 14
8	Japonica	B	Taikeng 3	32	Indica	C	TainungSen 18
9	Japonica	B	Taikeng 5	33	Indica	C	TainungSen20
10	Japonica	B	Taikeng 6	34	Indica	C	TaichungSen17
11	Japonica	B	Taikeng 7	35	Indica	D	L202
12	Japonica	B	Taikeng 8	36	Indica	D	NATO
13	Japonica	B	Taikeng 9	37	Indica	D	DELLA
14	Japonica	B	Taikeng 11	38	Indica	D	LEMONT
15	Japonica	B	Taikeng 14	39	Indica	D	CALROSE 76
16	Japonica	B	Taikeng 15	40	Indica	E	IR8
17	Japonica	B	Taipei 309		Indica	E	IR2 4
18	Japonica	B	Taichung 189	42	Indica	E	IR36
19	Japonica	B	Tainung67	43	Indica	E	IR50
20	Japonica	B	Tainung 68	44	Indica	E	IR64
21	Japonica	B	Tainung 69	45	Indica	E	IR72
22	Japonica	B	Tainung 70	46	Indica	E	IR3941-25-1
23	Japonica	B	Hsinchu 56	47	Indica	E	POKHARELI
24	Japonica	B	Kaohsiung 139				

[z]A: Japanese rice; B: Taiwan japonica rice; C: Taiwan indica rice; D: America rice; FE: IRRI rice.

二、分析方法

貯藏性蛋白質的抽取係依Chen and Chen [11] 之方法略爲修飾後進行，修飾的部分爲：1.樣品先經抽取脂肪程序除去部分脂肪。2.去脂肪後的樣品直接進行albumin、globulin、prolamin、glutelin等四種貯藏蛋白質的抽取。與Chen and Chen [11]先抽出總蛋白質後，再由總蛋白質中進行各種蛋白質的抽取方式不同。3.抽出液加入量由0.5 ml增加爲1 ml。貯藏性蛋白質的抽取過程分述如下：

1. 秤取供試樣品白米粉末100 mg於2 ml的塑膠離心管中，加入0.5 ml 乙醚於振盪器中振盪抽取脂肪15分鐘，倒掉乙醚並於抽氣櫃中揮發殘餘的乙醚。

2. 去脂肪後樣品，先進行albumin的抽取，即加入1 ml緩衝液A(50 mM Tris-HCl, pH7.5, 1 mM EDTA)，在室溫下以 Vortex振盪2小時，以13000 rpm離心15分鐘後，收集上清液於另一新2 ml離心管。殘存物再重複抽取一次，合併二次抽取的上清液並混合均勻後，置於4℃冰箱中待測備用。
3. 同上述步驟1，抽完albumin之殘存物以緩衝液A內含0.5M NaCl 抽取globulin。
4. 同上述步驟1，抽完globulin之殘存物以緩衝液A內含60% 1-propanol抽取prolamin。
5. 同上述步驟1，抽完prolamin之殘存物以緩衝液A內含2 % SDS, 0.6 % 2-mercaptoethanol抽取glutelin。所有抽出的蛋白質樣品皆於48小時內分析完畢，以避免蛋白質變質而影響分析的準確性。而樣品蛋白質濃度高時，則需經稀釋後再進行蛋白質定量工作。
6. 蛋白質之定量採用Bradford[10]之蛋白質染劑結合的分析法(protein-dye binding assay)進行，利用分光光度計(Shimadzu UVmini1240, Japan)於波長595 nm下讀取吸光值，標準迴歸直線則以小牛血清蛋白(BSA)製作，各蛋白質經過定量後以mg/g白米粉末表示之。
7. Total protein的含量是以四種貯藏性蛋白質含量相加之總和表示之。

至於米飯官能評估則依據許與宋[4]之方法煮飯，再調查外觀(appearance)、香(aroma)、口味(flavor)、黏性(cohesion)、硬性(hardness)與總評(overall in sensory evaluation)等六項，並以台中區農業改良場試驗田所生產之台稉 9號做爲對照品種。

三、統計分析

各項食味官能評估值經常態分數(normal score)轉換後，先以X^2檢定秈型及稉型稻兩者間貯藏性蛋白質及食味官能評估值的樣品變方是否相等，若樣品變方相等時則採用t test，而樣品變方不相等時則採用t 'test來分析平均值間的差異。而日本稻、台灣稉稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻五類型之比較，則是先進行變方分析，於變方分析達顯著水準時，再進行各類型稻之貯藏性蛋白質、食味官能評估等性狀的最小顯著差異值(least significant difference)法測定。至於簡單相關分析則先以所有品種、秈型、稉型稻各項性狀值分別進行。

結果與討論

47個水稻品種各項品質性狀調查的結果列於表 2，其中所有品種albumin平均含量爲4.34 mg，約占白米貯藏性蛋白質8%左右，以IR36(42)的3.06 mg含量最低，而以NATO(36)的5.66 mg含量最高；而globulin平均含量爲3.15 mg，約占白米貯藏性蛋白質5.8%，以台農秈18號(32)的2.22 mg含量最低，而以IR8(40)的4.98 mg含量最高；prolamin平均含量爲2.11 mg，約占白米貯藏性蛋白質3.9%，以台農秈14號(31)的0.98 mg含量最低，而以台農秈20號(33)的3.76 mg含量最高；glutelin平均含量爲44.4 mg，約占白米貯藏性蛋白質82.3%，以新竹56號(23)的25.36mg含量最低，而以台稉1號(6)的71.76 mg含量最高。至於四種貯藏性蛋白質總和之total protein平均含量爲53.94 mg，以新竹56號(23)的34 mg含量最低，以台稉1號(6)的81.6 mg含量最高。

檢視貯藏性蛋白質含量的百分比，以glutelin的含量最高，而albumin的含量次之，globulin的含量又次之，而prolamin的含量最低，其中glutelin與prolamin兩者含量合計約占total protein 的86%左右，上述分析結果與許多學者[9,3,8,11]所發表的報告大致相近。唯prolamin的含量似有偏低的情形，究其原因可能是prolamin與染劑(dye)結合的能力只有其它三種蛋白質的四分之一，本實驗因市面上並無販售純化之水稻prolamin可供利用，僅使用小牛血清蛋白(BSA)作爲標準品，小牛血清蛋白與染劑的結合力較prolamin好，故造成prolamin定量的結果相對有偏低的現象。

秈型與稉型稻品質特性平均值的比較結果如表3所示，其中 globulin、prolamin、glutelin在秈型與

表 2. 47個品種貯藏性蛋白質含量、食味官能品評值

Table 2. Values of storage proteins and taste test scores for 47 rice varieties

Item No.	Albumin mg	Globulin mg	Prolamin mg	Glutelin mg	Protein mg	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
1	4.00	3.54	2.08	67.52	77.1	0.156	-0.038	-0.117	-0.038	0.117	-0.039
2	4.19	3.53	1.90	67.28	76.8	0.035	0	0	-0.105	0.175	0.035
3	4.25	3.84	2.36	66.40	76.8	-0.391	-0.035	-0.356	-0.432	0.251	-0.391
4	5.27	3.37	1.99	70.88	81.5	-0.035	0	-0.070	-0.070	0.140	-0.035
5	5.14	3.99	2.09	47.04	58.2	0.035	0	-0.035	-0.070	-0.070	-0.035
6	4.48	3.65	1.80	71.76	81.6	0	0	-0.070	-0.105	0.070	-0.070
7	4.60	3.38	1.78	54.00	63.7	0	-0.035	-0.105	-0.070	0.140	-0.105
8	4.02	2.85	2.20	43.52	52.5	-0.175	0	-0.140	-0.175	0.280	-0.140
9	4.20	3.52	1.88	39.52	49.1	0	-0.035	-0.140	-0.175	0.175	-0.175
10	4.44	3.26	2.15	43.92	53.7	-0.117	-0.078	-0.194	-0.156	-0.156	-0.194
11	4.61	3.55	2.00	46.64	56.7	-0.194	0	-0.272	-0.272	0.233	-0.272
12	4.61	3.73	3.01	55.20	66.5	-0.396	-0.194	-0.493	-0.532	0.441	-0.532
13	4.48	3.01	2.68	41.68	51.8	-0.311	0	-0.233	-0.233	0.156	-0.272
14	4.35	3.04	1.86	48.08	57.3	-0.156	0	-0.201	-0.279	0.156	-0.240
15	4.13	3.60	2.52	36.72	46.9	-0.039	-0.078	-0.272	-0.156	0.194	-0.233
16	5.28	3.79	2.24	65.36	76.6	-0.350	-0.078	-0.357	-0.357	0.039	-0.396
17	4.40	2.90	2.45	33.28	43.0	-0.233	-0.078	-0.233	-0.117	-0.078	-0.233
18	4.67	2.89	2.17	46.48	56.2	-0.362	-0.070	-0.432	-0.362	0.210	-0.432
19	5.17	2.55	1.97	37.60	47.2	-0.263	0	-0.270	-0.263	0.175	-0.219
20	4.89	2.64	1.77	36.32	45.6	-0.263	0	-0.270	-0.314	0.263	-0.270
21	4.81	2.75	1.83	37.20	46.5	-0.263	0	-0.131	-0.219	0.044	-0.175
22	5.46	3.36	2.88	51.12	62.8	-0.175	0	-0.226	-0.314	0.175	-0.270
23	3.71	2.72	2.30	25.36	34.0	-0.117	0.039	-0.156	-0.194	0.194	-0.156
24	3.56	3.05	2.30	32.72	41.6	-0.280	-0.140	-0.210	-0.315	0.146	-0.315
25	4.16	3.00	1.88	35.84	44.8	-1.055	-0.095	-1.203	-1.350	0.395	-1.203
26	4.27	3.04	2.17	35.12	44.5	-0.234	-0.051	-0.351	-0.308	0.350	-0.439
27	3.88	3.13	2.39	35.20	44.6	-0.709	-0.220	-1.055	-1.203	0.204	-1.055
28	3.82	2.75	2.71	39.84	49.1	-0.432	-0.076	-0.532	-0.497	0.321	-0.531
29	3.90	2.44	1.43	41.20	48.9	-0.514	-0.035	-0.855	-0.855	0.216	-0.796
30	3.89	2.67	1.70	43.20	51.4	-1.073	-0.100	-1.132	-1.173	0.087	-1.173
31	3.99	2.45	0.98	36.40	43.8	-0.473	-0.035	-1.069	-0.896	0.257	-0.896
32	3.91	2.22	1.43	37.92	46.9	-0.714	-0.035	-0.938	-1.078	0.292	-0.938
33	5.22	2.69	3.76	39.36	49.5	-0.286	-0.100	-0.403	-0.403	0.245	-0.403
34	4.54	2.96	1.12	37.92	47.9	-0.832	-0.035	-1.114	-1.173	0.064	-1.114
35	4.58	3.26	1.48	39.36	48.6	-0.879	0.044	-1.004	-1.078	0.169	-1.004
36	5.66	4.23	2.32	46.48	54.6	-0.403	-0.105	-0.555	-0.555	0.397	-0.555
37	4.30	3.36	1.48	45.44	54.6	-0.358	-0.306	-0.563	-0.658	-0.564	-0.658
38	4.85	3.90	2.00	48.08	58.8	-0.606	0	-0.805	-0.930	-0.520	-0.805
39	4.72	3.38	2.60	50.64	61.3	-0.306	0	-0.358	-0.358	0.219	-0.358
40	4.12	4.98	3.44	48.24	60.7	-0.93	-0.095	-1.276	-1.35	-0.534	-1.276
41	4.13	3.34	1.66	32.24	41.3	-1.055	-0.139	-1.35	-1.35	0.879	-1.276
42	3.06	2.80	2.16	42.64	50.6	-0.778	-0.111	-0.973	-1.055	0.655	-1.055
43	3.05	2.46	1.78	36.32	43.6	-0.834	-0.095	-1.055	-1.055	0.139	-1.055
44	3.07	2.69	2.44	33.76	41.9	-1.004	-0.044	-1.203	-1.203	0.680	-1.129
45	3.27	2.88	1.88	36.40	44.4	-0.888	0	-1.108	-1.108	0.065	-1.108
46	4.30	2.51	1.84	41.04	49.6	-0.105	-0.105	-0.216	0.152	-0.514	0.076
47	4.52	2.24	1.75	37.28	45.7	-0.432	-0.070	-0.397	-0.432	0.286	-0.432
Mean	4.34	3.15	2.11	44.44	53.94	-0.40	-0.03	-0.52	-0.54	0.18	-0.52

粳型稻並無差異存在，而albumin和total protein則以粳稻的含量高於秈稻， 在albumin粳稻的含量爲4.53 mg，秈稻爲4.14 mg，兩類型稻平均值間的差異已達顯著水準；total protein粳稻爲58.49 mg，而秈稻爲49.19 mg，平均值間的差異亦達極顯著水準，顯示秈型、粳型稻間在貯藏性蛋白質含量上的確有差異存在。

秈型與粳型稻品質特性平均值的比較結果如表3所示，其中 globulin、prolamin、glutelin在秈型與粳型稻並無差異存在，而albumin和total protein則以粳稻的含量高於秈稻，在albumin粳稻的含量爲4.53 mg，秈稻爲4.14 mg，兩類型稻平均值間的差異已達顯著水準；total protein粳稻爲58.49 mg，而秈稻爲49.19 mg，平均值間的差異亦達極顯著水準，顯示秈型、粳型稻間在貯藏性蛋白質含量上的確有差異存在。

上述結果與一般認爲秈稻的粗蛋白質含量高於粳稻的論點相反，究其原因是否因以常用育種親本爲選取材料的方式，此爲個人主觀意念下的固定型取樣，故會形成取樣的逢機性較不足，進而造成選用較多的低蛋白質含量秈稻品種材料進入試驗。亦或是各學者使用的精白機型不同，而精白機多是爲粳型米精白功能所設計發展出來，因此秈米可能受米粒粒型的影響而造成米粒的精白不均勻，米糠及米粒外層所含的蛋白質因未均勻去除，故形成各學者所得結論有所差異?此外，粗蛋白質含量分析時，諸如游離氮素、膜蛋白質等均會併入穀粒粗蛋白質含量中，而本研究則僅抽取四種貯藏性蛋白質，其它類型的蛋白質或氮素等未被抽取，因此若秈稻在這些類型的蛋白質恰好含量較高時，便可能造成像本研究中，秈稻的total protein含量會有較低的結果。然從鄭和張[6]爲研究可知游離氮素在秈、粳稻間的差異極小[6]；而Chen and Chen[11]的研究中則發現秈稻的殘餘蛋白質量確實較粳稻高1～2%，唯將差異換算爲成分含量卻僅是1～2mg的不同而已，因此尚不足以造成粳稻蛋白質含量高於秈稻事實，而進一步比較Chen and Chen[11]報告中秈、粳稻各項貯藏性蛋白質的含量時，其結果亦是粳稻的albumin、total protein高於秈稻，與本研究的結果十分相近，顯示本研究的結果有一定可靠性。

表 3. 秈、粳稻米貯藏性蛋白質及食味官能品評之比較

Table 3. Comparsions of storage proteins and taste test scores between indica and japonica rice varieties

Type	Japonica rice Mean±SD	Indica rice Mean±SD	Value of t test
Albumin (mg)	4.53± 0.50	4.14±0.66	2.28*
Globulin (mg)	3.27± 0.42	3.02±0.66	1.54
Prolamin (mg)	2.18± 0.34	2.03±0.66	0.97
Glutelin (mg)	48.57±13.47	40.06±5.02	1.87
Total protein (mg)	58.49±13.86	49.19±5.96	3.01**
Appearance	-0.16± 0.15	-0.65±0.30	7.04**
Aroma	-0.03± 0.05	-0.03±0.14	0
Flavor	-0.21± 0.12	-0.85±0.35	8.31**
Cohesion	-0.22± 0.13	-0.87±0.41	7.26**
Hardness	0.14± 0.13	0.21±0.36	-0.88
Overall sensory Evaluation	-0.22± 0.14	-0.83±0.36	7.59**

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

在兩類型水稻食味官能評估的比較分析中，除了氣味和硬度兩項無差異外，外觀、口味、黏度及食味總評等四項均達極顯著的差異，並以粳稻的食味官能評估值高於秈稻，此一結果可能係因秈稻材料中有頗多高直鏈澱粉含量的品種所致，如嘉農秈6號(27)、台農秈14號(31)、台中秈17號(34)等等[2]

，在國內喜食低直鏈澱粉含量的前提下，秈稻在食味表現遠低於稉稻是可以理解的。因秈稻在食味上表現較差，進行水稻雜交育種時應特別注意秈稻背景的導入是否會造成後代品質發生劣化，但從兩類型稻在品質特性的標準偏差來看，不論貯藏性蛋白質，或是食味官能評估特性，秈稻的變異程度均較稉稻高，因此或可利用秈稻在品質特性上的變異彌補稉稻在品質特性差異不大的的缺失。

比較五種不同來源的水稻類型結果如表 4所示。由結果可知各類型稻除prolamin、香味及硬度無差異外，其餘特性的差異均達顯著水準以上，其中albumin的含量以日本稻最高，而台灣稉稻、美國稻與日本稻間差異不顯著，但台灣秈稻與日本稻間則有明顯差異，至於IRRI稻的含量表現最低，並與其它類型的水稻間有顯著的差異；globulin的含量則以日本稻、美國稻較高，而台灣秈稻最低，但與台灣稉稻間的差異不顯著；glutelin和total protein以日本稻含量最高，並與其餘四類型稻間有顯著的差異存在，然台灣稉稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻間則無差異存在。

食味官能評估特性的分析中發現外觀、口味以日本稻、台灣稉稻最佳，台灣秈稻與美國稻則無差異，以IRRI稻的外觀表現最差；黏度以台灣稉稻、日本稻的黏度較高，而台灣秈稻、美國稻及IRRI稻間則無差異存在；至於食味總評與黏度的分析結果相近。上述的比較分析結果可知日本稻的albumin、globulin及glutelin的含量與食味的表現都是最好的，因此似可在利用日本稻種源爲材料，將良好的品質特性轉入本國的栽培稻中，藉以提升本國稻米的品質。唯本實驗所使用的水稻品種除僅台灣水稻品種數目較多外，其餘類型的水稻品種數目並不多，似乎不足以代表各類型稻的眞正特性，如此在進行變方分析及多重比較時，會由於各類型材料樣品數的不同而影響統計分析的結果，使得結論上或有所偏頗。然站在以國內常用育種品種的基因庫爲範圍的角度上來看，國外引進品種的使用率相對較國內育成的品種低，因此選用較多的國內水稻品種，試驗結果可對國內常用水稻品種在品質特性上變異的情形提供較眞實的訊息，即可有效表現國內常用水稻品種其遺傳基因庫之變異訊息。而使得結論範圍可提供國內在品質特性上實際應用。

表 4. 不同類型的稻品種米理化特性之多重比較

Table 4. Multiple comparisons for storage proteins and taste test scores among different types of rice varieties

Type	Japanese rice	Taiwan *Japonica rice*	Taiwan *Indica rice*	America rice	IRRI rice
Albumin	4.57ab	4.52ab	4.16bc	4.82a	3.69c
Globulin	3.65 a	3.17ab	2.74b	3.63a	2.91b
Prolamin	2.08	2.20	1.96	2.05	2.12
Glutelin	63.82a	44.55b	38.34b	46.00b	38.49b
Total protein	74.10a	54.40b	47.10b	56.40b	47.20b
Appearance	-0.04a	-0.194a	-0.632bc	-0.51b	-0.753c
Aroma	-0.015	-0.039	-0.024	0.049	-0.082
Flavor	-0.116a	-0.232a	-0.865bc	-0.657b	-0.947c
Cohesion	-0.143a	-0.243a	-0.893b	-0.716b	-0.925b
Hardness	0.123	0.150	0.243	-0.060	0.341
Overall Sensory evaluation	-0.093a	-0.247a	-0.855b	-0.676b	-0.907b

Means with the same letter of a row are not significantly different at 5% level by LSD test.

爲探討四種貯藏性蛋白質含量與食味官能評估特性值的關係，本研究進行了貯藏性蛋白質含量與食味官能評估特性值間的相關分析(表 5，表 6，表 7)，由47個品種的相關分析中(表 5)，發現除了globulin、prolamin與食味官能評估特性無顯著的相關關係外，albumin與外觀、口味、黏度及總評間的

有極顯著的正相關；而glutelin、total protein亦與外觀、口味、黏度及總評間有極顯著或顯著的正相關。顯示貯藏性蛋白質與食味間有密切的關係存在。唯由上述結果來看，total protein、albumin、glutelin含量愈高，食味會有愈好的關係，此一結論顯然與以往認爲蛋白質含量愈高，食味會愈差的認知有所不同，探究其原因可能是秈稻與稉稻的資料合併分析，會因兩類型水稻在品質特性與食味的關係上不同，使得分析結果受到混淆，爲釐清此一觀點，乃將秈型與稉型稻的資料再分別進行相關分析，結果如表6及表7所示。

表 5. 47個水稻品種貯藏性蛋白質與食味品評値間之相關係數

Table 5. Correlation coefficients of storage protein and taste test scores for 47 rice varieties

Character	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
Albumin	0.42**	0.276	0.457**	0.432**	-0.244	0.452**
Globulin	0.164	-0.089	0.123	0.077	-0.010	0.093
Prolamin	0.135	0.161	0.189	0.169	0.190	0.151
Glutelin	0.406**	0.036	0.388**	0.352*	-0.150	0.385**
Total protein	0.421**	0.051	0.406**	0.367**	-0.147	0.400**

表 6. 24個稉稻品種貯藏性蛋白質與食味品評値間之相關係數

Table 6. Correlation coefficients of storage protein and taste test scores for 24 Japonica rice

Character	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
Albumin	-0.166	0.177	-0.121	-0.118	-0.153	-0.083
Globulin	0.297	-0.258	0.043	0.038	-0.052	0.041
Prolamin	-0.427*	-0.489*	-0.543**	-0.474*	0.258	-0.559**
Glutelin	0.249	0.008	0.142	0.091	0.045	0.196
Total protein	0.234	-0.007	0.122	0.074	0.043	0.174

表 7. 23個秈稻品種貯藏性蛋白質與食味品評値間之相關係數

Table 7. Correlation coefficients of storage protein and taste test scores for 23 indica rice

Character	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
Albumin	0.475*	0.356	0.499*	0.429*	-0.248	0.479*
Globulin	-0.112	-0.043	-0.134	-0.190	0.037	-0.178
Prolamin	0.185	0.303	0.261	0.198	0.204	0.204
Glutelin	0.277	0.150	0.305	0.231	-0.387	0.253
Total protein	0.293	0.194	0.325	0.242	-0.327	0.268

由表 6可知除prolamin一項外，albumin、globulin．glutelin、total protein與食味官能評估特性並無相關存在，而prolamin與外觀、香味、口味、黏度及總評間則均呈負相關，顯示稉稻中與食味良劣有關之貯藏性蛋白質僅prolamin一項而已，此結果與日本學者報告中指出食味較佳的越光品種，粗蛋白質與prolamin含量皆較食味中等者低的結論[20]相吻合。在秈稻的相關分析中(表 7)，除albumin一項與外觀、口味、黏度及食味總評等三項呈正相關外，其餘貯藏性蛋白質與食味官能評估特性間均無相關存在。由秈型與稉型稻相關分析的結果顯示，兩類型稻中影響食味良劣的貯藏性蛋白質種類各不相同，並與合併秈型與稉型稻資料所得結果差異相當大，顯示在探討貯藏性蛋白質與食味官能評估間關係，

仍應依秈型、稉型稻分別進行研究，以避免分析結果受到干擾。

近年來國內雖對於貯藏性蛋白質的研究已日漸增加，唯大多數的研究著重於純化抽取方法的建立、蛋白質的分子特性[11,21]、品種差異及鑑定[3,8]、栽培時期的影響[9]，對於粗蛋白中究竟是那種組成分含量與食味有關並不清礎，因此停留在粗蛋白質含量與食味呈負相關關係的印象中[7,1]，有待進一步釐清。由上述試驗結果可知貯藏性蛋白質含量與食味有密切關係的結果來看，顯示透過貯藏性蛋白質來提升稻米的食味及營養價值應是一可行途徑，尤其是根據秈型與稉型稻相關分析結果來進行良食味品種的選拔，對於國內稻米蛋白質品質與食味的提升應頗有助益。其中在稉稻育種時，由於prolamin的營養價值差[13]，又與食味呈負相關，可以降低prolamin含量來提升稻米營養價值與食味的表現；至於其它種類的貯藏性蛋白質的營養價值高，且與食味官能評估特性間也無相關存在，因此可選拔含量高者來增加稻米的營養價值。而在秈稻育種中，亦可利用albumin與食味呈正相關的趨勢，選拔高albumin含量者來提升良食味品種的獲選機率，至於其餘三種貯藏性蛋白質與食味官能評估特性無相關，因此亦可以降低prolamin含量[16]，提高globulin與glutelin含量之方式，提升秈米貯藏性蛋白質之品質。

良質米育種過程中須找出指標性狀，如此選拔時方能利用指標性狀來掌握食味的變化。本研究室曾就澱粉黏度特性與食味間的關係進行探討，並建立澱粉黏度特性與食味總評的迴歸方程式，然迴歸方程式中仍有20%的食味變異無法為澱粉黏度特性所解釋[5]，顯示仍有其它因子會影響食味的表現。基此，本實驗針對貯藏性蛋白質與食味的關係再進行探討，以期將來可結合澱粉黏度特性與貯藏性蛋白質組成來共同掌握食味的變化。結果顯示貯藏性蛋白質與食味關係密切，似可為評估食味的指標性狀，因此本次試驗的結果應可提供國內水稻良質米育種中，選拔良食味品種的參考和依據。

誌　謝

本試驗承蒙行政院農業委員會經費補助(計畫編號:88科技-1.1-糧-06(3-7)，計畫審查並蒙王技正慶一小姐及宋執行長勳先生提供諸多寶貴意見，使得研究得以順利進行，特此一併誌謝。

引用文獻

1. 宋勳。1978。稻米品質劃分之可能性。台中區農業改良場研究彙報 新 2:26-31。
2. 郭益全。1996。稻米品質性狀之遺傳與育種。稻作生產改進策略研討會專刊。109-132頁。台灣省農業試驗所編印。
3. 黃裕昌、林如怡、盧虎生、朱鈞。1994。利用高效能液相色層分析檢定稻米蛋白質與品種特性。中華農學會報 新 171:113。
4. 許愛娜、宋勳。1988。稻米理化性狀與食味關係之因子分析。台中區農業改良場研究彙報 25:43-53。
5. 許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報 58:43-58。
6. 鄭心嫻、張為憲。1995。以不同溶劑依序抽取米蛋白質區分條件之探討。中國農業化學會誌 33:570-578。
7. 劉慧瑛、林禮輝、宋勳、紅梅珠 。1988。不同稻米品種之食用品質與化學性質之關係。稻米品質。76-89頁。台灣省台中區農業改良場編印。
8. 董致韓、王長瑩、盧虎生、朱鈞。1997。台灣水稻品種穀粒貯藏性蛋白質分析:鹼溶性與醇溶性蛋白質含量及其RP-HPLC品種圖譜特性。中華農藝 7:115-125。
9. 簡珮如、盧虎生、朱鈞。1997。栽培時期對稻米貯存性蛋白質之影響。 中華農藝7:333-342。
10. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.
11. Chen, S. C. G. and M. C. Chen. 1986. Characterization of storage proteins in indica rice. Bot. Bull. Academia Sinica 27:147-162.
12. Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai. and Y. Taniguchi. 1985. Establishment of palatability

estimation formula of rice by multiple regression analysis. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 32:51-60.

13. Eggum, B. O., H. Satoh. and B. O. Juliano. 1994. Protein quality evaluation of cooked rice for protein mutants in growing rats. Cereal Chem.71:199-201.
14. Juliano, B. O. 1985. Criteria of rice quality in the United States. B. O. Juliano, ed., Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. Of. Cereal Chemists. St. Paul, MN., U.S.A. pp. 403-427.
15. Juliano, B. O. 1972. The rice caryopsis and its composition. In Juliano, B. O. Ed., Rice: Chemistry and Technology. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., U. S. A. pp.16-74.
16. Kim, W. T. and T. W. Okita. 1988. Structure, expression, and heterogeneity of the rice seed prolamin. Plant Physiol. 88:649-655.
17. Lii, C. Y., S. M. Chang. and H. L.Yang. 1986. Correlation between the physicochemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. Bull. Inst. Chem.,Academia Sinica 33:55-62.
18. Mandac, B. E., and B. O. Julano. 1978. Properties of prolamin in mature and developing rice grain. Phytochemistry 17:611-614
19. Masumura, T., N. Mitsukaea., K. Tanaka. and S. Fujii. 1991. Rice storage protein: Genetic analysis of acculation process. In: Bajaj, Y. P. S. ed., Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol 14, pp.495-507.
20. Matsue, Y., K. Odahara. and M. Hiramatsu. 1994. Differences in protein content, amylose and palatability in relation to location of grains within rice panicle. Jpn. J. Crop Sci. 63:271-277.
21. Nagato, K., M. Ebata. And M. Ishikawa. 1972. Protein content of developing and mature rice grain. Jpn. J. Crop Sci. 41:472-479.
22. Ogawa, M., T. Kumamaru., H. Satoh., T. Omura., T. Park., K. Shintaku. and K. Baba. 1989. Mutants for rice storage protein. 2. Isolation and characterization of protein bodies from rice mutants. Theor. Appl. Genet. 78:305-310.
23. Padhye, V. W. and D. K. Salunkhe. 1979. Extraction and characterization of rice proteins. Cereal Chem. 56:389-393.
24. Resurreccion , A. P., X. Li., T. W. Okita. and B. O. Juliano. 1993. Characterization of poorly digested protein of cooking rice protein bodies. Cereal Chem. 70:101-104.
25. Shyur, L. F., K. K. Zia. and C. S. Chen. 1988. Purification and some properties of storage proteins in japonica rice. Bot. Bull. Academia Sinica. 29:113-122.
26. Tanaka, K., T. Sugumato., M. Ogawa. and Z. Kasai. 1980. Isolation and characterization of two type of protein bodies in the rice endosperm. Agric. Biol. Chem. 44:1633-1639.
27. Tashiro, T. and I. F. Watdlaw. 1991. The Effect of high temperature on the accumulation of drying matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. Aust. J. Plant Physiol. 18:259-265.
28. Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano, ed., Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. of. Cereal Chemists. St. Paul,MN., U.S.A. pp. 403-427.
29. Wen, T. N. and D. S. Luthe. 1985. Biochemical characterization of rice glutelin. Plant Physiol. 78:172-177.
30. Yamagata, H. and K. Tanaka. 1986. The site of synthesis and accumulation of rice storage protein. Plant Cell Physiol. 27:135-145.

Studies on the Differences of Storage Proteins Content among Rice Varieties and its Relationship to Palatability of Milled Rice

Young-Pei Wu[2], Ai-Na Hsu[3], Yi-Sin Chen[2], Lung-Che Chen[2] and Yih-Ching Huang[4]

Summary

In attempt to evaluate the differences of storage protein content among rice varieties and its relationship to palatability of milled rice, 47 rice varieties were available in this study. According to the results of analysis, the range of content of albumin, globulin, prolamin and glutelin was 3.06～5.66, 2.22~4.98, 0.98～3.76, and 25.36～71.76 mg/g powder of milled rice respectively. The average content was 4.34, 3.15, 2.11 and 53.34 mg/g for each storage protein mentioned above respectively. Thus, it showed that approximate 82.3% of the total protein was glutelin, 8 and 5.8% of the total protein was albumines and globulin, prolamin had the lowest percentage (3.9%) of total protein.

It indicated that the content of albumin, glutelin and total protein of japonica rice varieties were significantly higher than that of indica rice varieties. No significant difference was found in prolamin, aroma and hardness of palatability of milled rice among the five different types of rice (Japanese rice, Taiwan japonica rice, Taiwan indica rice, American rice and IRRI rice) by multiple comparisons tests. However, there existed significant differences among those five different types of rice for albumin, globulin, glutelin, total protein, appearance, flavor, cohesion and overall sensory evaluation.

There existed negative correlation between prolamin and appearance, aroma, flavor, cohesion, overall sensory evaluation of palatability of milled rice in japonica rice. Contrary, the significant positive correlation between albumin and appearance, flavor, cohesion, overall sensory evaluation of palatability of milled rice were found in indica rice. The reverse relationship between the storage protein and eating quality was found in japonica and indica rice in this study. In addition, the effects of different storage proteins on the palatability of milled rice were also different in japonica and indica rice. Therefore, it suggested that the breeding program for improving the quality of japonica and indica rice should be established respectively.

Key words： Storage protein, Eating quality, Rice.

---

1. Contribution No. 1987 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant, senior agronomist and agronomist, respectively. Department of Agronomy, Chiayi, Agricultural Experiment Station, Chai-Yi 60014, Taiwan, ROC.

3. Assistant Agronomist, Taichung District Agricultural Improvement Station, Changhua, Tasuen Hsiang 51500, Taiwan ,ROC.

4. Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.